



2. Крамской А.В. Математическая модель пневматического двигателя с кривошипно-шатунным механизмом / А.В. Крамской, И.Н. Кудрявцев // Автомобильный транспорт: Сб. научн. статей / ХНАДУ.– Харьков, 2008. - № 23. - С. 70-75.
3. Туренко А.Н., Богомолов В.А., Кудрявцев И.Н. и др. Математическая модель пневматического цилиндра с двусторонним приводом // Автомобильный транспорт: Сб. науч. трудов. – Харьков. – 2002. – Вып. 10. – С. 10 – 16.
4. Гуляев, В. И. Моделирование динамики кривошипно-шатунного механизма с упругими звеньями / Научно-технический раздел / В. И. Гуляев, А. Н. Иконников // Проблемы прочности : Междунар. науч.-техн.журнал . – 2002. – № 5 . – с. 105-114.
5. Чайнов, Н. Д. Программный комплекс для расчета вибрации и структурного шума корпусных деталей автомобильного дизеля / Н. Д. Чайнов, Л. Л. Мяков, В. С. Русинковский // Двигатели внутреннего сгорания. - 2004. - № 2. - С. 105-110 .
6. Доценко В. Н. Математическая модель движения поршня ДВС с учетом гидродинамических сил и моментов, возникающих в смазочном слое между поршнем и цилиндром / В. Н. Доценко, И. Н. Москаленко // Двигатели внутреннего сгорания. - 2009. - № 2. - С. 57-59.
7. Рождественский, Ю.В. Компьютерное моделирование динамики трибосопряжения «поршень–цилиндр»: учебное пособие / Ю.В. Рождественский – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2009. – 50 с.
8. Маслов, А.П. Повышение технического уровня дизелей оптимизацией геометрических параметров поршней: дис. ... канд. техн. наук / А.П. Маслов. – Челябинск, 1999. – 158 с.
9. Сергеев В.И., Юдин К.М. Исследование динамики плоских механизмов с зазорами.- М.: Наука, 1974. -111с.

УДК 621.791.12: 621.7.044.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНФОРМНОГО ОТОБРАЖЕНИЯ

Ю.В. Савченко¹, И.В. Вернер², Е.А. Ольховик³

¹старший преподаватель кафедры технологии горного машиностроения, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Днепропетровск, Украина, E-mail: savcheny@ua.fm

²заведующий лабораторией информационных технологий проектирования кафедры основ конструирования механизмов и машин, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Днепропетровск, Украина, E-mail: ill3@mail.ru

³студент группы ГЛгр-13-2, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Днепропетровск, Украина

Аннотация. Разработана математическая модель, которая позволяет оптимизировать с точки зрения дефектообразования параметры нагружения обрабатываемых материалов, разрушение рассмотрено как метод создания дефектов на субмикроскопическом уровне в гетерогенных средах.



Ключевые слова: математическая модель, гетерогенная среда, дефектообразование.

DETERMINATION OF THE STRESS CONCENTRATION COEFFICIENT USING THE CONFORMAL MAPPING

Y. Savchenko¹, I. Verner², H.A. Olkhovik³

¹Senior Lecturer, Department of Mining Engineering, State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: savcheny@ua.fm

²Head of informational technology design laboratory, Machinery Design Bases Department, State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: ill3@mail.ru

³Student, State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnepropetrovsk, Ukraine

Abstract. Developed a mathematical model, which allows optimizing in terms of defect parameters loading of processed materials, the destruction is considered as a method of creating defects on the submicroscopic level in heterogeneous environments.

Keywords: mathematical model, heterogeneous medium, defect formation.

Введение. В современных условиях развития промышленности возникла острая необходимость в регенерации гетерогенных сплавов. Удовлетворить данную необходимость можно лишь при условии создания новых методов регенерации, обеспечивающих высокую производительность, низкие энергозатраты и носящие экологически чистый характер [1, 2].

Одним из путей решения проблемы может быть ударно-волновая обработка, создающая условия действия на материал высоких давлений и скоростей нагружения, а также вызывающая создание высокодефектной структуры [3, 4].

Регенерация твердых сплавов осуществляется различными химико-термическими и металлургическими способами, включающими процессы окисления, карбидизации и термической обработки. Однако существенными их недостатками являются низкая продуктивность, экологически вредный характер производства и очень высокие энергозатраты.

Ударно-волновая обработка, в отличие от классических механико-термических способов, ограниченных своим физико-химическим и механическим влиянием, позволяет вносить изменения в структуру материала на всех масштабных уровнях.

Необходимость оценки влияния ударных волн разной интенсивности на механизм дефектообразования и процесс разрушения гетерогенной среды обуславливает *проведение теоретических исследований* [5].

Цель работы. Разработка математической модели разрушения гете-





рогенных сред, позволяющей определять критические параметры ударно-волнового нагружения материалов.

Материалы и результаты исследований. Представим трещину в виде синусоиды $y = \sin\left(\frac{\pi}{2} + x\right), x \in [a, b]$, где $[a, b]$ – отрезок или длина изучаемой трещины, точки a и b – координаты его концов в декартовой системе координат XOY , начало которой находится точно на середине положительной полуволны, имеющей натуральную луночку с максимальной шириной δ (рис. 1).

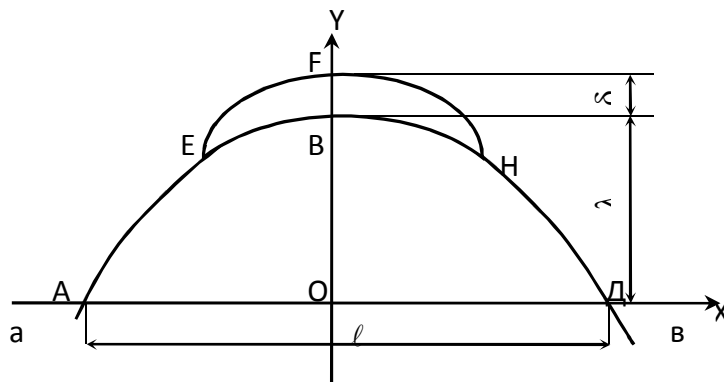


Рис. 1 – Симметричная трещина-луночка

Для решения задачи необходимо задать 9 параметров: $\ell, \lambda, \delta, x_E, y_E, x_H, y_H, [a, b], n$. Необходимо найти уравнение интерполирующих окружностей для верхней дуги и нижней дуги луночки EFHB, соответственно $\cup EFH$ и $\cup ABD$.

Найдем уравнение интерполирующей окружности для дуги EFH. Из курса геометрии известно, что центр окружности лежит на пересечении перпендикуляров, проведенных из средин отрезков EF и FH (Рис. 2). Уравнение прямой EF, как уравнение прямой проходящей через две точки E (x_E, y_E) и F $(O, \lambda + \delta)$ имеет вид

$$\begin{vmatrix} 0 - x_E & \lambda + \delta - y_E \\ x - x_E & y - y_E \end{vmatrix} = 0 \quad (1)$$

После преобразований окончательно получим уравнение для прямой (EF)

$$y = \frac{\lambda + \delta - y_E}{x_e} \cdot x + \lambda + \delta \quad (2)$$

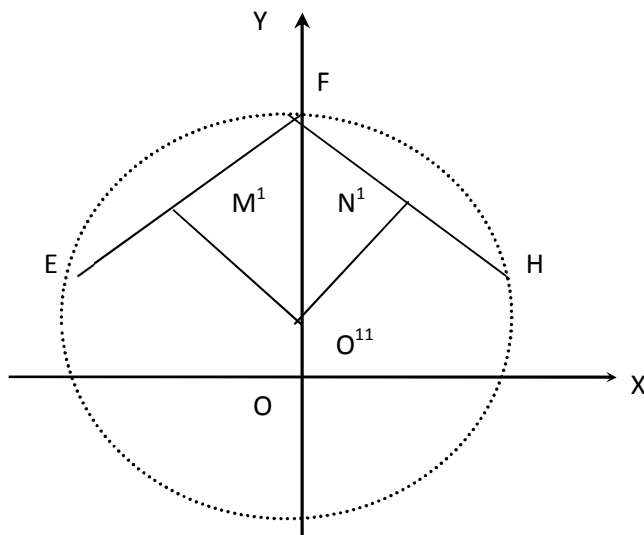


Рис. 2 – Построение интерполирующей окружности для дуги EFH

Аналогично получим уравнение для прямой (FH)

$$y = -\frac{\lambda + \delta - y_H}{x_H} x + \lambda + \delta \quad (3)$$

Координаты т. M^1 , как середины отрезка EF будут

$$x_{M^1} = \frac{x_E}{2}, \quad y_{M^1} = \frac{y_E + \lambda + \delta}{2} \quad (4)$$

Уравнение прямой (M^1O^{11}) напомним, как уравнение перпендикулярной к прямой (EF) в т. M^1 , которое после преобразований будет иметь вид

$$y = \frac{x_E}{\lambda + \delta - y_E} x + \frac{(\lambda + \delta)^2 - y_E^2 - x_E^2}{2(\lambda + \delta - y_E)} \quad (5)$$

Рассуждая аналогично, получим уравнение прямой (N^1O^{11})

$$y = \frac{x_H}{\lambda + \delta - y_H} x + \frac{(\lambda + \delta)^2 - y_H^2 - x_H^2}{2(\lambda + \delta - y_H)} \quad (6)$$

Решая совместно уравнения (5) и (6), найдем координаты центра интерполирующей окружности т. O^{11} ($X_{O^{11}}$, $Y_{O^{11}}$)

$$X_{O^{11}} = \frac{-\frac{(\lambda + \delta)^2 - x_E^2 - y_E^2}{2(\lambda + \delta - y_E)} + \frac{(\lambda + \delta)^2 - y_H^2 - x_H^2}{2(\lambda + \delta - y_H)}}{\frac{x_E}{\lambda + \delta - y_E} - \frac{x_H}{\lambda + \delta - y_H}}, \quad (7)$$

$$Y_{O^{11}} = \frac{x_E}{\lambda + \delta - y_E} x_{O^{11}} + \frac{(\lambda + \delta)^2 - y_E^2 - x_E^2}{2(\lambda + \delta - y_E)}$$

Определим радиус интерполирующей окружности r_2 , как расстояние $|O^{11}F|$

$$r_2 = |FO^{11}| = \sqrt{X_{O^{11}}^2 + (\lambda + \delta - Y_{O^{11}})^2} \quad (8)$$



Теперь можно написать уравнение интерполирующей окружности Ω_2 для дуги EFH

$$(X - X_{O^{11}})^2 + (Y - Y_{O^{11}})^2 = r_2^2 \quad (9)$$

Для отслеживания параметра ℓ , находим интерполирующую окружность вне дуги ABD.

Повторив рассуждения, как для (1)-(9) и поменяв координаты точек A, B, D получим уравнение нижней интерполирующей окружности Ω_1

$$(X - X_{O^1})^2 + (Y - Y_{O^1})^2 = r_1^2,$$

где

$$X_{O^1} = \frac{\frac{\lambda^2 - x_H^2 - y_H^2}{2(\lambda - y_H)} - \frac{\lambda^2 - y_E^2 - x_E^2}{2(\lambda - y_E)}}{\frac{x_E}{\lambda - y_E} - \frac{x_H}{\lambda - y_H}} \quad (10)$$

$$Y_{O^1} = \frac{x_E}{\lambda - y_E} x_{O^1} + \frac{\lambda^2 - y_E^2 - x_E^2}{2(\lambda - y_E)}$$

$$r_1 = \sqrt{X_{O^1}^2 + (\lambda - Y_{O^1})^2} \quad (11)$$

Таким образом, задача 1 решена: найдены центры интерполирующих окружностей и их уравнения, как функции от ℓ, λ, δ .

Пусть даны уравнения (9) и (10), координаты точек E(x_E, y_E) и H(x_H, y_H).

Определим углы касательных к этим окружностям, а также их разности.

Обозначим через

$$y_1 = Y_{O^1} + \sqrt{r_1^2 - (x - X_{O^1})^2}; \quad (12)$$

$$y_2 = Y_{O^{11}} + \sqrt{r_2^2 - (x - X_{O^{11}})^2} \quad (13)$$

и найдем их производные в т. E и т. H (Рис. 3)

$$\left. \frac{dy_1}{dx} \right|_{x=x_E} = \frac{d}{dx} \left[Y_{O^1} + \sqrt{r_1^2 - x^2} \right]_{x=x_E} = \frac{-x_E + X_{O^1}}{\sqrt{r_1^2 - (x_E - X_{O^1})^2}}; \quad (14)$$

$$\left. \frac{dy_2}{dx} \right|_{x=x_E} = \frac{d}{dx} \left[Y_{O^{11}} + \sqrt{r_2^2 - (x - X_{O^{11}})^2} \right]_{x=x_E} = \frac{X_{O^{11}} - x_E}{\sqrt{r_2^2 - (x_E - X_{O^{11}})^2}}; \quad (15)$$

$$\left. \frac{dy_1}{dx} \right|_{x=x_H} = \frac{-x_H + X_{O^1}}{\sqrt{r_1^2 - (x_H - X_{O^1})^2}}; \quad (16)$$

$$\left. \frac{dy_2}{dx} \right|_{x=x_H} = \frac{X_{O^{11}} - x_H}{\sqrt{r_2^2 - (x_H - X_{O^{11}})^2}}. \quad (17)$$

Так, как производные от функций в данной точке равны тангенсам их касательных, то из (14) ÷ (17) можно получить значения углов $\varphi_V, \theta_E, \varphi_H, \theta_H$



$$\varphi_E = \operatorname{arctg} \left(\frac{-x_E}{\sqrt{r_1^2 - x_E^2}} \right); \quad (18)$$

$$\theta_E = \operatorname{arctg} \left(\frac{X_{O^{11}} - x_E}{\sqrt{r_2^2 - (x_E - X_{O^{11}})^2}} \right); \quad (19)$$

$$\varphi_H = \operatorname{arctg} \left(\frac{-x_H}{\sqrt{r_1^2 - x_H^2}} \right); \quad (20)$$

$$\theta_H = \operatorname{arctg} \left(\frac{X_{O^{11}} - x_H}{\sqrt{r_2^2 - (x_H - X_{O^{11}})^2}} \right). \quad (21)$$

Откуда

$$\alpha_E = |\theta_E - \varphi_E|; \quad (22)$$

$$\alpha_H = |\theta_H - \varphi_H|. \quad (23)$$

Определим углы $\alpha_0, \beta_H, \beta_E$, изображенные на Рис. 3

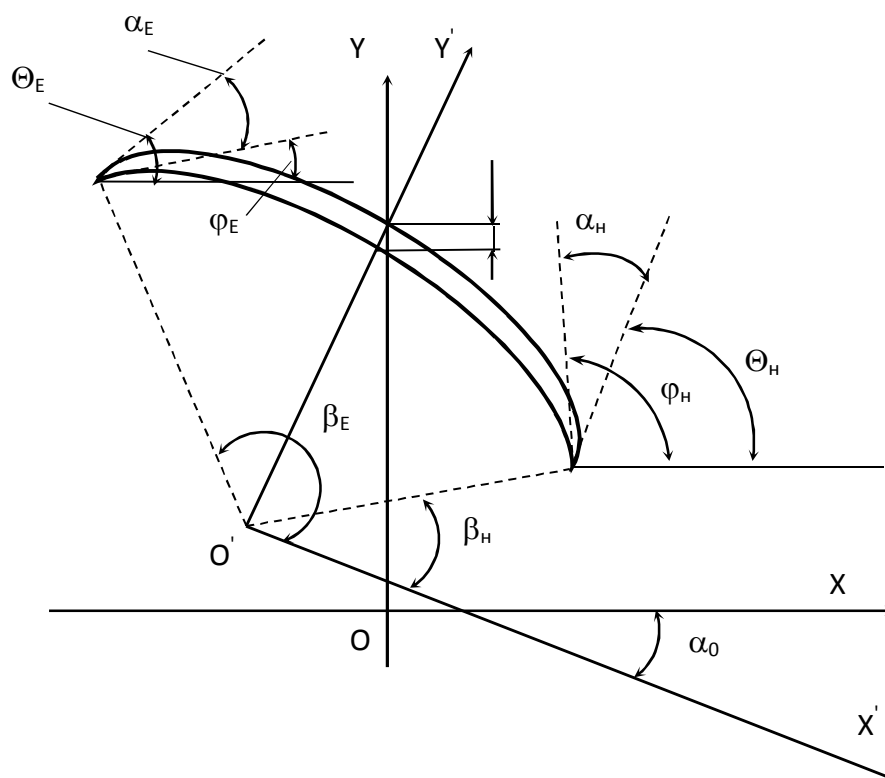


Рис. 3 – Расчетная схема для определения параметров несимметричной круговой луночки



$$\alpha_0 = \operatorname{arctg} \left(\frac{Y_{O^{11}} - \lambda - \delta}{-X_{O^{11}}} \right)^{-1}; \quad (24)$$

$$\beta_E = \operatorname{arctg} \left[\frac{\frac{y_E - Y_{O^{11}}}{x_E - X_{O^{11}}} + \frac{X_{O^{11}}}{Y_{O^{11}} - \lambda - \delta}}{1 + \frac{(y_E - Y_{O^{11}})X_{O^{11}}}{(x_E - X_{O^{11}})(Y_{O^{11}} - \lambda - \delta)}} \right]; \quad (25.1)$$

$$\beta_H = \operatorname{arctg} \left[\frac{\frac{y_H - Y_{O^{11}}}{x_H - X_{O^{11}}} + \frac{X_{O^{11}}}{Y_{O^{11}} - \lambda - \delta}}{1 + \frac{(y_H - Y_{O^{11}})X_{O^{11}}}{(x_H - X_{O^{11}})(Y_{O^{11}} - \lambda - \delta)}} \right]. \quad (25.2)$$

Углы $\alpha_E, \alpha_H, \alpha_0, \beta_E, \beta_H$, являются функциями семи параметров $\ell, \lambda, \delta, x_E, y_E, x_H, y_H$.

Возьмем две комплексные плоскости: плоскость преобразов Z и плоскость образов W . Расположим нашу круговую луночку из задачи 2 на плоскости Z и будем отображать ее внешность на внешность единичного круга плоскости W конформно следующим образом в несколько этапов.

Дробно-линейное преобразование

$$W_1 = A_1 \frac{z' - z'_E}{z' - z'_H} \quad (26)$$

реализует конформное отображение внешней части круговой лунки на внешнюю часть угла α_E . В самом деле, вершина α_E на плоскости z' переходит в точку $W_1=0$ на плоскости W_1 . Выбором комплексной постоянной A_1 можно одну из сторон угла α_E на плоскости W_1 совместить с горизонтальной полуосью.

Развернем угол α_E в верхнюю полуплоскость. Это можно осуществить преобразованием

$$W_2 = \sqrt[n]{W_1}, \quad (27)$$

где

$$n = \frac{2\pi - \alpha_E}{\pi}$$

Пусть $W_2 = B_2 \exp(i\theta_2), W_1 = B_1 \exp(i\theta_1)$, тогда из (27) следует, что $B_2 = B_1^{1/n}, \theta_2 = \frac{\theta_1}{n}$.

Таким образом, сторона угла $\theta_1 = 0$ переходит в действительную полуось на плоскости W_2 , а сторона $\theta_1 = (2\pi - \alpha_E)$ переходит в полупрямую $\theta_2 = \pi$.

Соединяя преобразования (1.38) и (1.39) можно утверждать, что функция



$$W_2 = \sqrt{A_1 \frac{z' - z'_E}{z' - z'_H}} \quad (28)$$

переводит внешнюю часть круговой лунки, расположенной в плоскости z , на верхнюю полуплоскость W_2 .

Рассмотрим теперь окружность единичного радиуса на плоскости комплексного переменного W (Рис. 4). Отметим на этой окружности две точки $P_E = \exp(i\psi_1)$ и $P_H = \exp(-i\psi_1)$. Функция реализует отображение внешней части круга единичного радиуса на верхнюю полуплоскость.

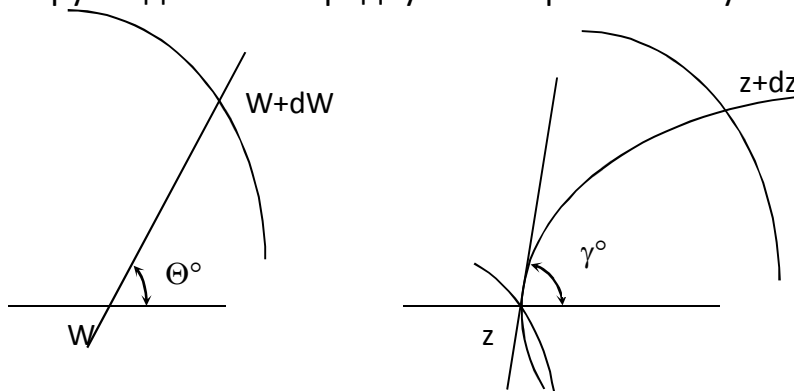


Рис. 4 – Конформное отображение единичного круга на рассматриваемую область

$$W_2 = A_2 \frac{W - P_E}{W - P_H} \quad (29)$$

Полагая $A_2^{-1} \sqrt{A_1} = A$, можно утверждать, что преобразование

$$\frac{W - P_E}{W - P_H} = \sqrt{\frac{z' - z'_E}{z' - z'_H}} A \quad (30)$$

дает конформное отображение внешней части лунки, расположенной в плоскости z на внешнюю часть круга единичного радиуса в плоскости W .

Потребуем, чтобы точка $z = \infty$ перешла в точку $W = \infty$, тогда из (30) следует, $A = 1$. Таким образом, отображающая функция для трещины типа круговой лунки будет

$$\frac{W - P_E}{W - P_H} = \sqrt{\frac{z' - z'_E}{z' - z'_H}} \quad (31)$$

Положим $z'_E = r_2 \exp(i\beta_E)$, $z'_H = r_2 \exp(i\beta_H)$; $P_E = \exp(i\psi_E)$, $P_H = \exp(i\psi_H)$, и пусть точка $z = r^2$ переходит при отображении в точку $W = 1$, тогда из (1.43) следует, что

$$\frac{1 - \exp(i\psi_E)}{1 - \exp(i\psi_H)} = \sqrt[n]{\frac{1 - \exp(i\beta_E)}{1 - \exp(i\beta_H)}}$$

Откуда

$$[-\exp(i\psi_E) = \exp(i(\psi_E - \pi))] = [\sqrt{-\exp(i(\beta_E - \pi))}]$$



$$\text{и следовательно, } \psi_E - \pi = \frac{\beta_E - \pi}{n} \quad (32)$$

и аналогично

$$\psi_H - \pi = \frac{\beta_H - \pi}{n} \quad (33)$$

Окончательно получим из (31) функцию конформного отображения внешности трещины типа круговой луночки во внешность круга единичного радиуса

$$\frac{W - \exp(i\psi_E)}{W - \exp(i\psi_H)} = \sqrt{\frac{z' - z'_E}{z' - z'_H}} \quad (34)$$

Аналогично, начав преобразования с

$$\frac{W - \exp(i\psi_H)}{W - \exp(i\psi_E)} = \sqrt{\frac{z' - z'_H}{z' - z'_E}} \quad (35)$$

где

$$\begin{aligned} z'_E &= x''_E + iy'_E, z'_H = x'_H + iy'_H, \\ x'_E, x'_H &\in \left[-\frac{\ell}{2} \cos \alpha_0 + X_{O^{11}}, \frac{\ell}{2} \cos \alpha_0 + X_{O^{11}} \right], \\ y'_E, y'_H &\in \left[Y_{O^{11}}, (\lambda + \delta) \cos \alpha_0 + Y_{O^{11}} \right] \end{aligned}$$

Получим конформные преобразования (1.46) и (1.47), как функции двух текущих координат x, y и семи параметров $\ell, \lambda, \delta, x_E, y_E, x_H, y_H$.

Следствие. Симметрия точек E и H относительно оси ординат не меняет вид конформного преобразования (34) и (35). Случай рассмотрен полностью.

Вывод. Для каждого материала существует критическое давление в ударной волне, превышение которого приводит к образованию дефектов. Увеличение неоднородности системы приводит к снижению критического давления в ударной волне, вызывающего образование дефектов и разрушение материала.

Разработана математическая модель, которая позволяет оптимизировать с точки зрения дефектообразования параметры нагружения обрабатываемых материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Створення бурового інструменту з високим ресурсом і властивостями / Ю.В. Савченко // Сборник научных трудов международной конференции «Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта 2014». – Д.: НГУ, 2014. – С. 295 –301.
2. Савченко Ю.В. Высокоэффективный инструмент из модифицированного твёрдого сплава / Ю.В. Савченко, И.В. Вернер // Сборник материалов Международной науч-



но-технической конференции на тему: "Современные материалы, техника и технологии в машиностроении". - Андижан: АМИ, 2014. – Т.1. – С. 25 – 27.

3. Эпштейн Г.Н., Кайбышев О.А. Высокоскоростная деформация и структура металлов.- М.: Metallurgy, 1971.- 198 с.

4. Савченко Ю.В. Аналітичний метод визначення коефіцієнта концентрації напруг. - Інновації та трансфер технологій: від ідеї до прибутку : Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції. - Д.:НГУ, 2011. С. 45-46

5. Савченко ЮВ, Караваева ОС. Моделирование разрушения гетерогенной среды при высокоэнергетических нагрузках // Трансфер технологій: від ідеї до прибутку : матеріали 1 міжнар. наук.-практ. конф. студ., асп. и мол. ученых в 2 Т.- Д.: НГУ, 2010 Т. 1. – С. 101-103.

УДК 622.625.28

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ТЕСТОВЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ БЕССТУПЕНЧАТЫХ ТРАНСМИССИЙ

И.А. Таран¹, И.Ю. Клименко²

¹ доктор технических наук, доцент кафедры управления на транспорте, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина, e-mail: taran_70@mail.ru

² ассистент кафедры управления на транспорте, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина, e-mail: iryna_klymenko@mail.ru

Аннотация. Предложена методика по комплексной оценке, сравнению альтернативных вариантов и общая идеология автоматизированного конструирования бесступенчатых трансмиссий шахтных дизелевозов. Рассмотрен автоматизированный тестовый анализ основных технологических режимов работы бесступенчатых гидрообъемно-механических или электромеханических трансмиссий.

Ключевые слова: бесступенчатая трансмиссия, гидрообъемно-механическая трансмиссия, электромеханическая трансмиссия, дизелевоз, двигатель.

AUTOMATED TEST ANALYSIS OF MAIN TECHNOLOGICAL MODES OF STEPLESS TRANSMISSIONS

I. Taran¹, I. Klymenko²

¹ Doctor of technical Sciences, Associate Professor of Department of Transportation Management, State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: taran_70@mail.ru

² Assistant of Department of Transportation Management, State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: iryna_klymenko@mail.ru